



В.Г. Уласовец

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛЕСОПИЛЕНИЯ

Екатеринбург
2018

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра механической обработки древесины
и производственной безопасности

В.Г. Уласовец

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛЕСОПИЛЕНИЯ

Учебно-методическое пособие
к проведению расчетно-исследовательских работ
для магистерской подготовки
по направлению 35.04.02 «Технология лесозаготовительных
и деревоперерабатывающих производств»
профиль «Технология деревообработки»
для очной и заочной формы обучения

Екатеринбург
2018

Печатается по рекомендации методической комиссии ИЛБиДС.
Протокол № 3 от 29 сентября 2017 г.

Рецензент – зав. кафедрой МОДиПБ, канд. техн. наук, доцент Чернышев О.Н.

Редактор Е.Л. Михайлова
Оператор компьютерной верстки Е.А. Газеева

Подписано в печать 14.09.18		Поз. 60
Плоская печать	Формат 60×84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 1,86	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

ВВЕДЕНИЕ

Совершенствование технологических процессов в лесопилении является актуальной научно-технической проблемой, связывающей теорию раскря пиловочного сырья с бережным использованием лесных ресурсов государства.

Современная теория раскря пиловочного сырья на пиломатериалы позволяет успешно решать многие практические задачи, однако в ней отсутствуют решения, связанные с теоретическим обоснованием отдельных способов раскря.

Широкое использование в лесопилении ленточнопильных и круглопильных станков выявило необходимость разработки отсутствующего теоретического обоснования для способа раскря бревен параллельно их образующей, установлению аналитических зависимостей для вычисления оптимальных размеров выпиливаемых при этом пиломатериалов, составлению и расчету оптимальных поставов и разработки на их основе рациональных схем раскря.

Необходимость проведения объективной оценки рациональности схем и способов раскря пиловочника требует уточнения существующего в европейских и отечественных стандартах метода расчета средней ширины необрезных пиломатериалов при поштучном способе их учета.

Основное количество пиловочных бревен по форме ствола приближается к усеченному параболоиду или к усеченному конусу. В зависимости от способа раскря пиловочника, формы боковой образующей бревен, их коэффициентов сбега, местоположения досок в поставе выпиливаемые необрезные пиломатериалы будут иметь различную форму боковой поверхности, различный сбеги и объем.

Изучению вышеописанных вопросов посвящено настоящее учебно-методическое пособие к проведению расчетно-исследовательских работ.

Исследование способов раскря пиловочника, их анализ и выявление возможных преимуществ должны при практическом использовании определять основные параметры и схемы технологических процессов и набора технологического и транспортного оборудования, а также устанавливать производительность и мощность, объемный выход пилопродукции и баланс раскря пиловочного сырья.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Исследование влияния способов раскря бревен на размерные и объемные показатели выпиливаемых досок

Проведение объективной оценки рациональности способов и схем раскря пиловочника требует уточнения существующего в европейских и

отечественных стандартах метода расчета средней ширины необрезных пиломатериалов при поштучном способе их учета.

Схемы к расчету средней ширины необрезных досок, выпиливаемых из бревен двумя способами: параллельно продольной оси (первый способ, рис. 1) и параллельно образующей (второй способ, рис. 2), представлены ниже.

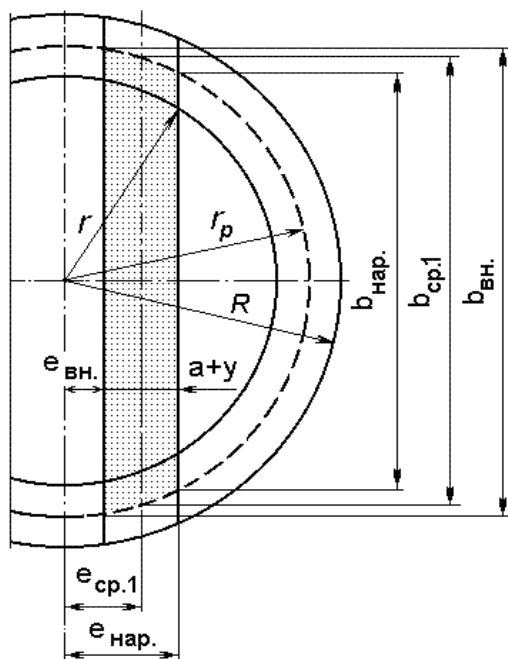


Рис. 1. Схема замеров для определения средней ширины необрезной доски в первом способе распиловки бревна

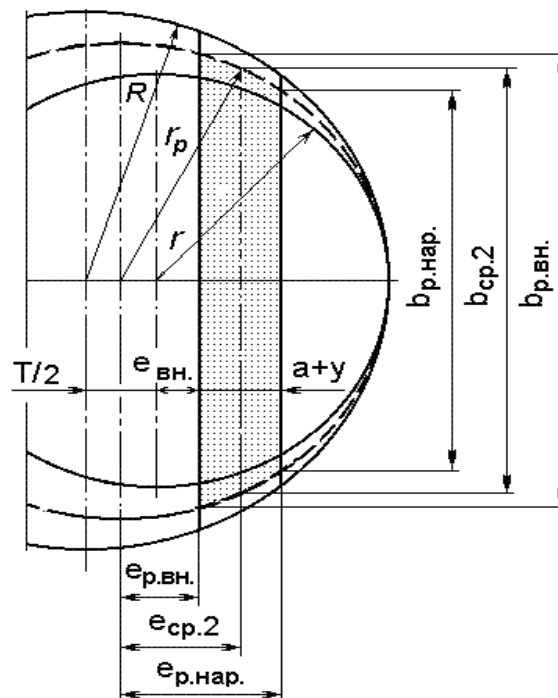


Рис. 2. Схема замеров для определения средней ширины необрезной доски во втором способе распиловки бревна

Поясним обозначения, принятые на рис. 1:

$e_{вн}$ – расстояние от центра вершинного торца бревна до внутренней пласти выпиливаемой доски;

$e_{нар}$ – расстояние от центра вершинного торца бревна до наружной пласти выпиливаемой доски;

$e_{ср.1}$ – расстояние от центра вершинного торца бревна до середины толщины выпиливаемой доски;

r, R – радиус бревна в вершине и соответственно в комле;

r_p – расчетный радиус бревна на середине его длины:

- если бревно имеет форму усеченного параболоида [1]

$$r_{p.n} = r \sqrt{0,5(K^2 + 1)}, \quad (1)$$

где K – коэффициент сбега бревна. $K = R/r$;

- если бревно имеет форму усеченного конуса

$$r_{p.k} = 0,5r(K + 1), \quad (2)$$

$b_{вн}$ и $b_{нар}$ – ширина внутренней и соответственно наружной пласти, измеренные на середине длины доски, которые при аналитических расчетах вычисляют по следующим формулам:

$$b_{вн.} = 2\sqrt{r_p^2 - e_{вн}^2}, \quad (3)$$

$$b_{нар.} = 2\sqrt{r_p^2 - e_{нар}^2}, \quad (4)$$

$b_{ср.1}$ – средняя ширина необрезной доски (на середине длины и на середине толщины)

$$b_{ср.1} = 2\sqrt{r_p^2 - e_{ср.1}^2}. \quad (5)$$

Поясним обозначения, принятые на рис. 2:

R – радиус бревна в комле; $R = rK$.

$e_{вн}$ – расстояние от центра вершинного торца бревна до внутренней пласти выпиливаемой доски;

$e_{р.вн}$ – расстояние от центра расчетного диаметра бревна до внутренней пласти выпиливаемой доски;

$e_{р.нар}$ – расстояние от центра расчетного диаметра бревна до наружной пласти выпиливаемой доски;

$e_{ср.2}$ – расстояние от центра расчетного диаметра бревна до середины толщины выпиливаемой доски;

$b_{р.вн}$ и $b_{р.нар}$ – ширина внутренней и соответственно наружной пласти, измеренные на середине длины доски, которые при аналитических расчетах вычисляют по следующим формулам:

$$b_{р.вн.} = 2\sqrt{r_p^2 - e_{р.вн}^2}, \quad (6)$$

$$b_{р.нар.} = 2\sqrt{r_p^2 - e_{р.нар}^2}, \quad (7)$$

$b_{ср.2}$ – средняя ширина необрезной доски (на середине длины и на середине толщины):

$$b_{ср.2} = 2\sqrt{r_p^2 - e_{ср.2}^2}. \quad (8)$$

$T/2 = r(K - 1)$ – величина смещения геометрического центра комлевого торца бревна относительно центра вершинного торца.

$(a + y_a)/d = N$ – величина отношения толщины доски (с припуском на ее усушку по толщине) к диаметру бревна в вершине, откуда $a + y_a = dN$.

Порядок выполнения работы

По цифрам пятизначного номера зачетной книжки составить таблицу (табл. 1) индивидуального контрольного задания, пользуясь данными табл. 2. **Например**, если номер зачетной книжки **10769**, то задание будет следующим.

Таблица 1

Данные к индивидуальному контрольному заданию

Порядковый номер цифр в зачетной книжке	Номер варианта задания	Показатели в задании	Параметр показателя
1	1	Диаметр бревна в вершине d , см	16
2	0	Расстояние от центра вершинного торца бревна до внутренней пласти выпиливаемой доски $e_{вн} = n d$, мм	$0,05 d$
3	7	Номинальная толщина доски a , мм	$a + y_a \leq e_{пиф} - e_{вн}$
4	6	Влажность выпиливаемых пиломатериалов W , %	15
5	9	Коэффициент сбега бревна K	1,15
1	1	Длина бревна L , м	4,5

1. Для способа распиловки параллельно продольной оси бревен с формой ствола **усеченный параболоид** вычисляют [2, 3, 4]:

- ширину внутренней пласти выпиливаемой необрезной доски на расчетном диаметре бревна

$$b_{вн.п} = 2r \sqrt{0,5(K^2 + 1) - \left(\frac{e_{вн}}{r}\right)^2}; \quad (9)$$

- ширину наружной пласти выпиливаемой необрезной доски на расчетном диаметре бревна

$$b_{нар.п} = 2r \sqrt{0,5(K^2 + 1) - \left(\frac{e_{вн}}{r} + 2N\right)^2}. \quad (10)$$

[illegible]

- среднюю ширину выпиливаемой необрезной доски

$$b_{cp.1n} = 2r \sqrt{0,5(K^2 + 1) - \left(\frac{e_{вн}}{r} + N\right)^2}. \quad (11)$$

Для способа распиловки параллельно продольной оси бревен с формой ствола усеченный конус вычисляют

- ширину внутренней пласти выпиливаемой необрезной доски на расчетном диаметре бревна

$$b_{вн.к} = 2r \sqrt{0,25(K + 1)^2 - \left(\frac{e_{вн}}{r}\right)^2}; \quad (12)$$

- ширину наружной пласти выпиливаемой необрезной доски на расчетном диаметре бревна

$$b_{нар.к} = 2r \sqrt{0,25(K + 1)^2 - \left(\frac{e_{вн}}{r} + 2N\right)^2}; \quad (13)$$

- среднюю ширину выпиливаемой необрезной доски

$$b_{cp.1к} = 2r \sqrt{0,25(K + 1)^2 - \left(\frac{e_{вн}}{r} + N\right)^2}. \quad (14)$$

Сравнить между собой и проанализировать результаты расчетов соответствующих величин внутренних и наружных пластей, а также средних ширин необрезных досок, выпиленных из бревен с формой ствола усеченный параболоид и усеченный конус.

Анализируя полученные результаты, сформулировать **выводы** о влиянии формы образующей бревна (усеченный параболоид, усеченный конус) на исследуемую величину в данном способе раскря.

Для способа распиловки параллельно образующей бревен с формой ствола усеченный параболоид вычисляют [5]:

- ширину внутренней пласти выпиливаемой необрезной доски на расчетном диаметре бревна

$$b_{р.вн.п} = 2r \sqrt{0,5(K^2 + 1) - \left\{ \frac{e_{вн.}}{r} + \left[\sqrt{0,5(K^2 + 1)} - 1 \right] \right\}^2}; \quad (15)$$

- ширину наружной пласти выпиливаемой необрезной доски на расчетном диаметре бревна

$$b_{р.нар.п} = 2r \sqrt{0,5(K^2 + 1) - \left\{ \left(\frac{e_{вн.}}{r} + 2N \right) + \left[\sqrt{0,5(K^2 + 1)} - 1 \right] \right\}^2}; \quad (16)$$

- среднюю ширину выпиливаемой необрезной доски

$$b_{\text{ср.2.п}} = 2r \sqrt{0,5(K^2 + 1) - \left\{ \left(\frac{e_{\text{вн.}}}{r} + N \right) + \left[\sqrt{0,5(K^2 + 1)} - 1 \right] \right\}^2}. \quad (17)$$

Для способа распиловки параллельно образующей бревен с формой ствола **усеченный конус** вычисляют

- ширину внутренней пласти выпиливаемой необрезной доски на расчетном диаметре бревна

$$b_{\text{р.вн.к}} = 2r \sqrt{0,25(K + 1)^2 - \left\{ \frac{e_{\text{вн.}}}{r} + [0,5(K - 1)] \right\}^2}, \quad (18)$$

- ширину наружной пласти выпиливаемой необрезной доски на расчетном диаметре бревна

$$b_{\text{р.нар.к}} = 2r \sqrt{0,25(K + 1)^2 - \left\{ \left(\frac{e_{\text{вн.}}}{r} + 2N \right) + [0,5(K - 1)] \right\}^2}. \quad (19)$$

- среднюю ширину выпиливаемой необрезной доски

$$b_{\text{ср.2.к}} = 2r \sqrt{0,25(K + 1)^2 - \left\{ \left(\frac{e_{\text{вн.}}}{r} + N \right) + [0,5(K - 1)] \right\}^2}. \quad (20)$$

Сравнить между собой и проанализировать результаты расчетов соответствующих величин внутренних и наружных пластей, а также средних ширин необрезных досок, выпиленных из бревен с формой ствола усеченный параболоид и усеченный конус.

Анализируя полученные результаты, сформулировать **выводы** о влиянии формы образующей бревна (усеченный параболоид, усеченный конус) на исследуемую величину в данном способе раскря.

Анализируя полученные результаты по двум способам раскря, сформулировать **выводы** о влиянии формы образующей бревна (усеченный параболоид, усеченный конус) на среднюю ширину необрезной доски и о существенности этого влияния на практическую деятельность предприятия.

2. Вычисление средней ширины выпиливаемых необрезных досок в соответствии с рекомендациями европейских и отечественных стандартов.

В соответствии с рекомендациями действующих отечественного (ОСТ 13-24-82. Доски необрезные. Способы учета объема) и европейского (EN 1312 : 1997. Круглые и пиленные лесоматериалы. Определение объема партии пиломатериалов) стандартов объем необрезной доски рассчитывают по формуле

$$V_{н.о.} = ab_{ср}l, \quad (21)$$

где a – толщина доски;

l – длина доски;

$b_{ср}$ – средняя ширина доски.

При этом среднюю ширину необрезной доски $b_{ср. рек}$ рекомендуют вычислять как среднюю арифметическую величину ее внутренней и наружной пластей, пропиленных на середине длины доски, т. е. полусумму ширин, по формуле

$$b_{ср. рек} = \frac{b_{вн} + b_{нар}}{2}, \quad (22)$$

где $b_{вн}$ и $b_{нар}$ – ширина внутренней и соответственно наружной пласти, измеренные на середине длины доски.

Для способа распиловки параллельно продольной оси бревен вычислить:

- среднюю (рекомендуемую) ширину необрезной доски, выпиленной из бревна с формой ствола усеченный параболоид:

$$b_{ср. рек. 1п} = \frac{b_{вн.п} + b_{нар.п}}{2}; \quad (23)$$

- среднюю (рекомендуемую) ширину необрезной доски, выпиленной из бревна с формой ствола усеченный конус:

$$b_{ср. рек. 1к} = \frac{b_{вн.к} + b_{нар.к}}{2}. \quad (24)$$

Сравнить и проанализировать результаты расчетов средних ширин необрезных досок, выпиленных из бревен с формами ствола усеченный параболоид и усеченный конус.

Из анализа полученных значений средних ширин необрезных досок сформулировать **выводы** о влиянии формы образующей бревна (усеченный параболоид, усеченный конус) на исследуемую величину.

Для способа распиловки параллельно образующей бревен [5] вычислить:

- среднюю (рекомендуемую) ширину необрезной доски, выпиленной из бревна с формой ствола усеченный параболоид:

$$b_{ср. рек. 2п} = \frac{b_{р.вн.п} + b_{р.нар.п}}{2}; \quad (25)$$

- среднюю (рекомендуемую) ширину необрезной доски, выпиленной из бревна с формой ствола усеченный конус:

$$b_{\text{ср.рек.2к}} = \frac{b_{\text{р.вн.к}} + b_{\text{р.нар.к}}}{2}. \quad (26)$$

Сравнить и проанализировать результаты расчетов величин средних ширин необрезных досок, выпиленных из бревен с формами ствола усеченный параболоид и усеченный конус.

Анализируя полученные значения средних ширин необрезных досок, сформулировать выводы о влиянии формы образующей бревна (усеченный параболоид, усеченный конус) на исследуемую величину.

Сделать общие выводы по обоим способам раскрыя бревен.

3. Вычисление относительной разности между значениями средних ширин необрезных досок, полученных расчетным способом (см. пункт 1) и вычисленных по рекомендациям отечественных и европейских стандартов (см. пункт 2).

Для необрезных досок, выпиленных в пределах вершинного торца бревна, провести оценку точности рекомендованного стандартами способа вычисления значений средних ширин.

Величину относительной разности значений средних ширин необрезных досок $P_{b.\text{ср.}\%}$, %, вычисленных различными способами, рассчитаем по формуле

$$P_{b.\text{ср.}\%} = \frac{b_{\text{ср.}} - b_{\text{ср.рек}}}{b_{\text{ср.}}} 100\%. \quad (27)$$

Для способа распиловки параллельно продольной оси бревен вычислить:

- величину относительной разности **расчетного значения** средней ширины необрезной доски, выпиленной из бревна с формой ствола **усеченный параболоид**, со значением этой величины, вычисленной по рекомендациям стандартов:

$$P_{b_{\text{ср.1н.}\%}} = \frac{b_{\text{ср.1н}} - b_{\text{ср.рек.1н}}}{b_{\text{ср.1н}}} 100\%; \quad (28)$$

- величину относительной разности **расчетного значения** средней ширины необрезной доски, выпиленной из бревна с формой ствола **усеченный конус**, со значением этой величины, вычисленной по рекомендациям стандартов:

$$P_{b_{\text{ср.1к}\%}} = \frac{b_{\text{ср.1к}} - b_{\text{ср.рек.1к}}}{b_{\text{ср.1к}}} 100\%. \quad (29)$$

Сравнить и проанализировать результаты расчетов относительной разности средней ширины необрезных досок, выпиленных из бревен с формами ствола усеченный параболоид и усеченный конус.

Анализируя полученные значения относительной разности, сформулировать **выводы** о влиянии формы образующей бревна (усеченный параболоид, усеченный конус) на среднюю ширину необрезной доски.

Для способа распиловки параллельно образующей бревен вычислить:

- величину относительной разности **расчетного значения** средней ширины необрезной доски, выпиленной из бревна с формой ствола **усеченный параболоид**, со значением этой величины, вычисленной по рекомендациям стандартов:

$$p_{b_{cp.2n} \%} = \frac{b_{cp.2n} - b_{cp.рек.2n}}{b_{cp.2n}} 100\% ; \quad (30)$$

- величину относительной разности **расчетного значения** средней ширины необрезной доски, выпиленной из бревна с формой ствола **усеченный конус**, со значением этой величины, вычисленной по рекомендациям стандартов:

$$p_{b_{cp.2к} \%} = \frac{b_{cp.2к} - b_{cp.рек.2к}}{b_{cp.2к}} 100\% . \quad (31)$$

Сравнить и проанализировать результаты расчетов относительной разности средней ширины необрезных досок, выпиленных из бревен с формами ствола усеченный параболоид и усеченный конус.

Анализируя полученные значения относительной разности, сформулировать **выводы** о влиянии формы образующей бревна (усеченный параболоид или конус) на среднюю ширину необрезной доски.

4. Сравнить полученные данные по вычислению величин относительной разности значений средних ширин необрезных досок и сформулировать **вывод о влиянии на них способов раскря бревен** и формы бревна на среднюю ширину необрезной доски и о существенности этого влияния на практические результаты деятельности предприятия.

5. Расчет коэффициентов сбега необрезных досок, выпиленных из бревен с формой ствола усеченный параболоид.

По аналогии с коэффициентом сбега бревна K коэффициент сбега необрезной доски $K_{д.}$, выпиливаемой способом раскря параллельно продольной оси бревна (рис. 3), определим по следующей формуле:

$$K_{д.1} + B_{cp.1} / b_{cp.1}, \quad (32)$$

где $B_{cp.1}$ – ширина необрезной доски на середине толщины **в комле**;

$b_{ср.1}$ – ширина необрезной доски на середине толщины **в вершине**,

$$\text{или } K_{д.1} = \frac{\sqrt{K^2 - \left(\frac{e_{ср.в}}{r}\right)^2}}{\sqrt{1 - \left(\frac{e_{ср.в}}{r}\right)^2}}. \quad (33)$$

По формуле (33) построены графики (рис. 4) [2, 5] зависимости величины коэффициента сбега необрезных досок $K_{д.1}$, выпиленных **параллельно оси** бревна, от величины коэффициента сбега бревна (для значений $K = 1,05 \dots 1,5$) и величины отношения $e_{ср.в}/r$, т. е. от места расположения доски в поставе.

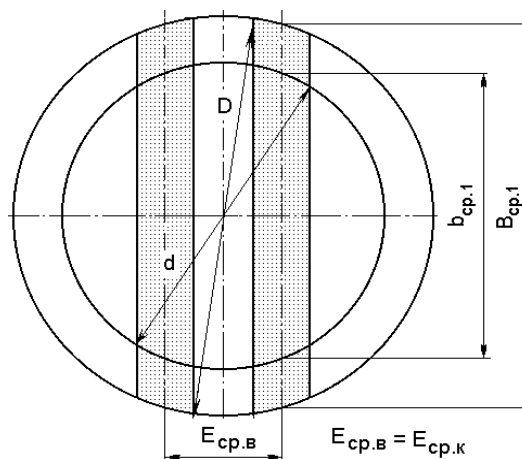


Рис. 3. Распиловка бревна параллельно продольной оси

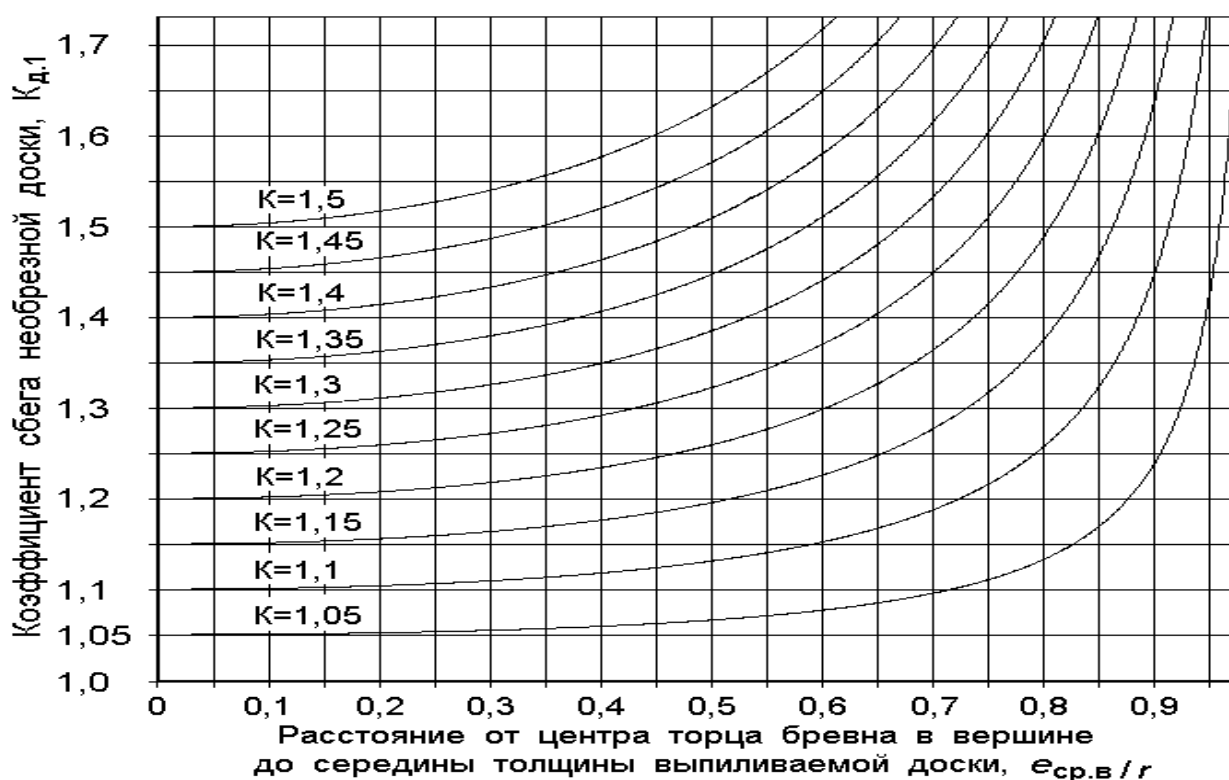


Рис. 4. Изменение коэффициентов сбега необрезных досок при распиловке бревен параллельно продольной оси

По аналогии с коэффициентом сбега бревна K коэффициент сбега необрезной доски $K_{д.2}$, выпиливаемой способом раскроя **параллельно об-разующей** бревна (рис. 5), определим по следующей формуле:

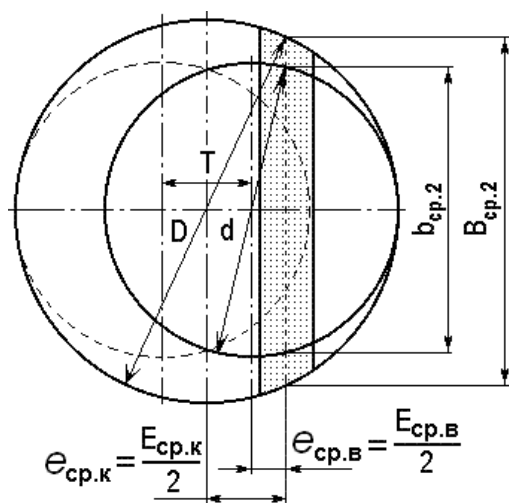


Рис. 5. Распиловка бревна (сегмента) параллельно образующей

бревна параллельно образующей.

По графикам (см. рис. 4 и рис. 6) можно вести проверку произведенных вычислений.

Сравнить между собой коэффициенты сбега исходного бревна и коэффициенты сбега необрезных досок, выпиленных различными способами.

Анализируя полученные результаты, сформулировать соответствующие **выводы** о влиянии способа продольного раскроя бревен на величины коэффициентов сбега необрезных досок.

6. Расчет объемов необрезных досок, выпиленных из бревен с формой ствола усеченный параболоид.

Как было отмечено в п. 2, объем необрезной доски можно высчитать по формуле $V_{н.о.} = ab_{cp}l$.

Вычислим объемы необрезных досок:

- при распиловке бревна параллельно его продольной оси

$$V_{н.о.1} = ab_{cp.1п}l, \quad (36)$$

- при распиловке бревна параллельно его образующей

$$V_{н.о.2} = ab_{cp.2п}l. \quad (37)$$

Сравнить и проанализировать результаты расчетов объемов необрезных досок, выпиленных различными способами.

Так как в наших примерах толщины и длины необрезных досок, выпиленных различными способами, соответственно равны, то возможные изменения объемов необрезных досок будут зависеть только от изменения их средних ширин.

$$K_{д.2} = \frac{B_{cp.2}}{b_{cp.2}}, \quad (34)$$

$$\text{или } K_{д.2} = \frac{\sqrt{K^2 - \left[\frac{e_{cp.с}}{r} + (K-1) \right]^2}}{\sqrt{1 - \left(\frac{e_{cp.с}}{r} \right)^2}}. \quad (35)$$

По формуле (35) построены графики (рис. 6) [2, 5] изменения коэффициента сбега досок $K_{д.2}$ от значений коэффициента сбега бревен (для значений $K = 1,05 \dots 1,5$) и от места расположения досок в поставе при распиловке вразвал каждой половины (сегмента)

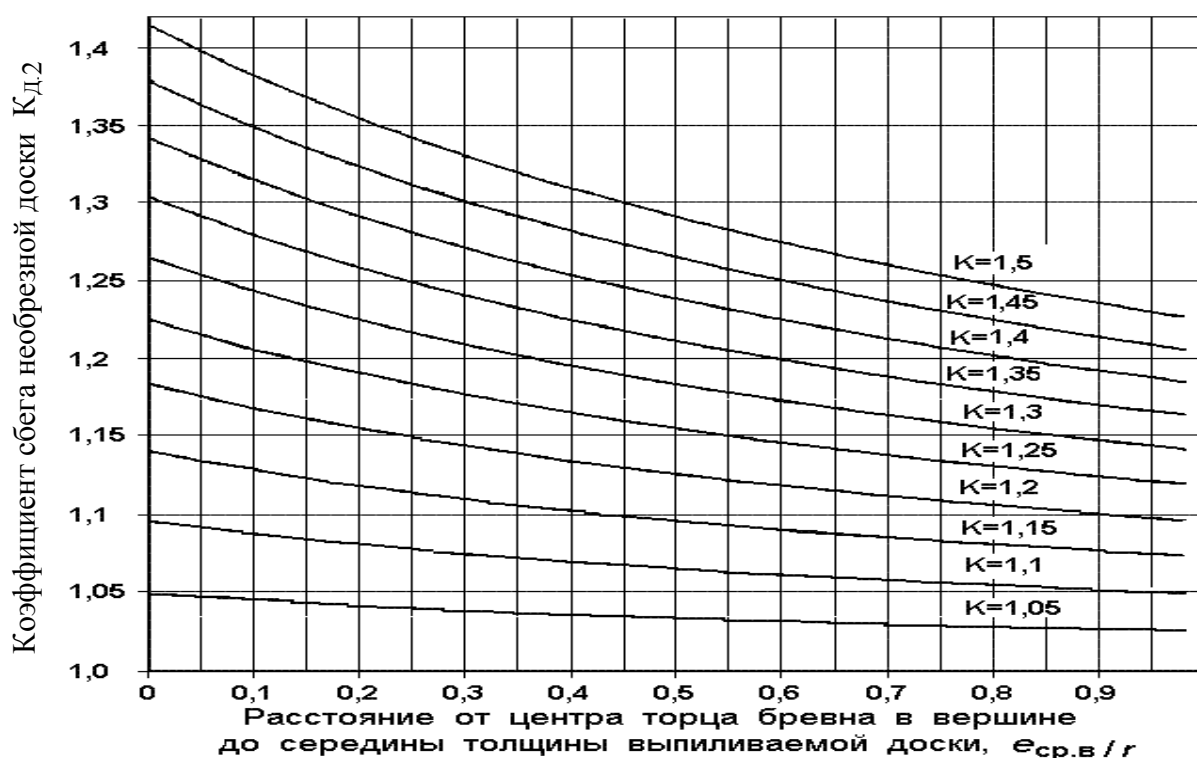


Рис. 6. Изменение коэффициентов сбега необрезных досок при распиловке бревен параллельно образующей

Анализируя полученные результаты сформулировать, **выводы** о величинах объемов необрезных досок, выпиленных различными способами, и о их связи с величинами коэффициентов сбега необрезных досок и коэффициентом сбега исходного бревна.

7. Расчет объема обрезной доски, выпиливаемой из необрезной.

При одинаковых параметрах бревен (диаметров в вершине, коэффициентов сбега), одинаковых толщинах необрезных досок и их расположении в вершинном торце бревна объем выпиливаемых обрезных досок можно вычислить по формуле

$$V_{o.1} = V_{o.2} = ab_{\text{нар.верш}}l, \quad (38)$$

где

$$b_{\text{нар.верш}} = 2r \sqrt{1 - \left(\frac{e_{\text{нар.верш.}}}{r} \right)^2}. \quad (39)$$

8. Объемный выход (коэффициент объемного выхода) обрезных пиломатериалов, выпиливаемых из необрезных досок, высчитывают по формуле:

- при распиловке бревна параллельно его продольной оси

$$\eta_1 = V_o / V_{\text{н.о.1}} = b_{\text{нар.верш.}} / b_{\text{ср.1п.}}, \quad (40)$$

- при распиловке бревна параллельно его образующей

$$\eta_2 = V_o / V_{\text{н.о.2}} = b_{\text{нар.верш}} / b_{\text{ср.2п.}}. \quad (41)$$

Сравнить и проанализировать результаты расчетов объемов обрезных досок, выпиленных из необрезных, полученных различными способами распиловки бревен.

По результатам анализа сформулировать **выводы** о выходе обрезных досок и связи полученных данных с коэффициентом сбега исходного бревна (а также с величиной сбега бревна, см/м), коэффициентом сбега необрезных досок (а также с величиной сбега необрезных досок, см/м) и способе продольного раскроя бревна.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Исследование выхода обрезной пилопродукции при распиловке бревен параллельно продольной оси и параллельно образующей

При продольном раскрое сегментов (противоположных боковых частей) бревна параллельно образующей (по сбегу) будет выпилено два горбыля и несколько пар необрезных досок, при этом из средней части бревна будет выпилена двухкантная клиновидная вырезка, т. е. средний клин, длина которого практически равна длине бревна, а ширина пропиленной в вершине пласти равна $b_{\text{кл}} \approx d$, где d – диаметр бревна в вершине.

Толщина среднего клина в комлевой части $T_{\text{кл}}$ [5] будет равна величине смещения геометрического центра комлевого торца бревна относительно центра вершинного торца при распиловке сегментов:

$$T_{\text{кл}} = (D - d), \quad (1)$$

где D – диаметр бревна в комлевом торце;

K – коэффициент сбега бревна.

Ширину пропиленной пласти среднего клина в комлевом торце бревна $B_{\text{кл}}$ вычисляют по формуле

$$B_{\text{кл}} = d\sqrt{2K - 1}. \quad (2)$$

При продольном раскрое среднего клина будут выпилены обрезные клиновидные материалы, которые могут быть использованы, например, в деревообработке или в домостроении.

Задание для работы представлено в табл. 1.

Порядок выполнения работы

1. При расчетах форму бревен примем за **усеченный параболоид**, а их объем будем вычислять по соответствующей формуле. Необходимые для расчетов формулы (3) – (8) представлены в табл. 1.

Исходные данные для проведения необходимых расчетов, сравнения оптимальных и стандартных размеров выпиливаемых досок, а также величин коэффициентов объемного выхода пиломатериалов будем заносить в таблицу, как показано на **примере** заполнения табл. 2, где представлены примеры расчета поставов на распиловку вразвал хвойных бревен параллельно продольной оси (постав 1) и параллельно образующей (постав 2).

Таблица 1

Данные к вариантам заданий для расчетно-исследовательской работы № 2

Показатель			Ц и ф р а в з а ч е т н о й к н и ж к е									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
			З н а ч е н и е п о к а з а т е л я									
Порядковый номер цифр в зачетной книжке	1	Диаметр бревна в вершине d , см	14	16	18	20	22	24	28	30	36	40
	2	Коэффициент сбега бревна K	1,35	1,25	1,25	1,2	1,2	1,2	1,2	1,15	1,15	1,15
	3	Длина бревна L , м	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
	4	Влажность выпиленных пиломатериалов W , %	12	12	12	15	15	15	15	20	12	12
	5	Величина пропила t , мм	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4
	Диаметр бревна в комле D , см		$D = dK$ (3)									
	Средний сбега бревна c , см/м		$c = (D - d)/L$ (4)									
	Объем бревна g , м ³		$g = g_{\text{ус.п.}} = \frac{\pi}{4}(\frac{D^2 + d^2}{2})L$ (5)					$g_{\text{с}} =$ м ³				
	Табличный объем бревна $g_{\text{т}}$, м ³							$g_{\text{т}}$, = м ³ по ГОСТ 2708-75				
	Пифагорическая зона $E_{\text{пиф}}$, мм $e_{\text{пиф}} = E_{\text{пиф}}/2$		$e_{\text{пиф.}} = r\sqrt{0,5(3 - K^2)}$ (6)									
	Предельный охват $E_{\text{пред.1п}}$, мм $e_{\text{пред1п}} = E_{\text{пред.1п}}/2$ (параллельно продольной оси)		$e_{\text{пред1п.}} = 0,5\sqrt{D^2 - \frac{D^2 - d^2}{L}l_{\text{min}} - b_{\text{min}}^2}$ (7)								$l_{\text{min}} = 1 \text{ м};$ $b_{\text{min}} = 75 \text{ мм}$	
	Предельный охват $E_{\text{пред.2п}}$, мм $e_{\text{пред.2п}} = E_{\text{пред.2п}}/2$ (параллельно образующей)		$e_{\text{пред2п}} =$ (8)									

Таблица 2

Пример заполнения ведомости составления и расчета поставов на распиловку бревен вразвал

$d = 18 \text{ см}; K = 1,222; D = 22 \text{ см}; L = 4 \text{ м}; c = 1 \text{ см/м}; t = 2 \text{ мм}; g = 0,1296 \text{ м}^3; W = 20 \text{ } \%; e_{\text{пиф}} = 78,1 \text{ мм}; e_{\text{пред}} = 97,99 \text{ мм}.$												
<i>Распиловка бревна параллельно продольной оси</i>												
№ постава	Количество	Толщина, мм	Расход, мм	Расстояние, мм		Ширина доски, мм		Длина доски, м		Выход пилопродукции		Коэффициент сбега доски. Принять по графикам рис. 4 (с. 13) и рис. 6 (с. 15)
				от центра торца бревна в вершине	от края торца бревна в вершине	оптимальная	по стандарту	оптимальная	по стандарту	м ³	Коэффициент объемного выхода	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	2	44	46,4	46,4		154,23	150		4	0,05429 / 0,0528	0,4189 / 0,4074	1,237
	2	32	35,0	81,4		85,43	75	3,65	3,75	0,019952 / 0,018	0,1539 / 0,1389	1,424
Итого:										0,074242 / 0,0708	0,5728 / 0,5463	$K_{\text{кр}} = 1,389$
<i>Распиловка бревна параллельно образующей</i> $e_{\text{пред.2}} = 83,1 \text{ мм}$												
2	2	44	46,4	46,4	43,6	154,23	150		4	0,05429 / 0,0528	0,4189 / 0,4074	1,163
	2	32	35,0	81,4	8,6	76,78	75		4	0,019657 / 0,0192	0,1517 / 0,1481	1,122
Итого:										0,073947 / 0,072	0,5706 / 0,5555	
Клин	6	25				34,8			4	/ 0,01044	/ 0,0805	
Всего:										/ 0,08244	/ 0,636	

2. Составление поставов на распиловку бревен параллельно **продольной оси** следует вести с помощью табл. 3 и графиков оптимальных толщин (рис. 1) [6], а расчет поставов – по номограмме **УЛТИ** (рис. 2) [6, 7].

3. Составление поставов на распиловку бревен параллельно **образующей** вести (на такое же количество необрезных досок, как и в первом поставе) с помощью графиков оптимальных толщин (рис. 3) [5, 8, 9], а расчет поставов – по графикам (рис. 4) [5].

4. Справочные данные по номинальным размерам толщин и ширин пиломатериалов по стандарту приведены в табл.1 приложения, а по величинам усушки (по ГОСТ 6782.1-75) пилопродукции смешанной распиловки из древесины ели, сосны, кедра, пихты (кроме лиственницы) для конечной влажности от 5 до 37 %, мм – в табл. 2 приложения.

5. В расчете поставов показать объем (см. табл. 2, столбец 11) и коэффициент объемного выхода (см. табл. 2, столбец 12) обрезных пиломатериалов основного постава при их оптимальных размерах, а также при размерах, соответствующих требованиям ГОСТ 24454-80 «Пиломатериалы хвойных пород. Размеры» (последнее показать **курсивом, подчеркиванием или выделением цветом**).

6. В поставе 2 показать также объем дополнительного выхода обрезной пилопродукции от распиловки среднего клина (см. табл. 2, вторая строка снизу, 11 столбец) и коэффициент его объемного выхода (см. табл. 2, вторая строка снизу, 12 столбец).

7. По каждому поставу в строке ИТОГО показать общий выход пилопродукции в м^3 при ее оптимальных и принятых стандартных размерах (см. табл. 2, столбец 11), а также коэффициенты объемного выхода (см. табл. 2, столбец 12). Сравнить общий объемный выход обрезных пиломатериалов в основном поставе обоих способов раскря бревен.

8. По поставу 2 в строке ВСЕГО показать общий выход пилопродукции в м^3 (см. табл. 2, столбец 11) и общий коэффициент объемного выхода (см. табл. 2, столбец 12).

9. Сравнить структуру поставов при распиловке бревен одинаковых размеров различными способами. Описать различия.

10. Сравнивая данные, полученные в двух способах раскря, отметить увеличение или уменьшение объемного выхода пилопродукции при переходе от оптимальных размеров ширин досок к стандартным.

Пояснить, в каких случаях возможен переход от оптимальной ширины доски в ближайший верхний стандартный размер и какое значение при этом может играть тупой обзол и его допускаемый предел.

11. Сравнить толщину, ширину и длину самой крайней доски постава в обоих способах. Пояснить, с чем связано различие.

12. Оценить величины коэффициентов сбega необрезных досок в поставах и выход из них обрезных (от объема бревна).

13. Составить укрупненный баланс раскря пиловочного сырья для каждого способа и вычислить их возможную экономическую эффективность при раскряе 10 тыс. м³ сырья, если:

- средняя стоимость хвойных пиломатериалов составляет 2500 руб. за 1 м³;

- коэффициент перевода плотного объема древесины в насыпной объем – 2,5;

- средняя стоимость насыпного объема технологической щепы – 400 руб. за 1 м³;

- средняя стоимость насыпного объема опилок – 40 руб. за 1 м³.

14. Сделать общее заключение о преимуществах эффективного способа раскря.

Таблица 3

Рекомендуемое количество досок при распиловке бревен вразвал параллельно их продольной оси

Диаметр, см	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
Количество досок	4	4; 6	6	6	6	6	6; 8	6; 8	8	8	8; 10	8; 10	10

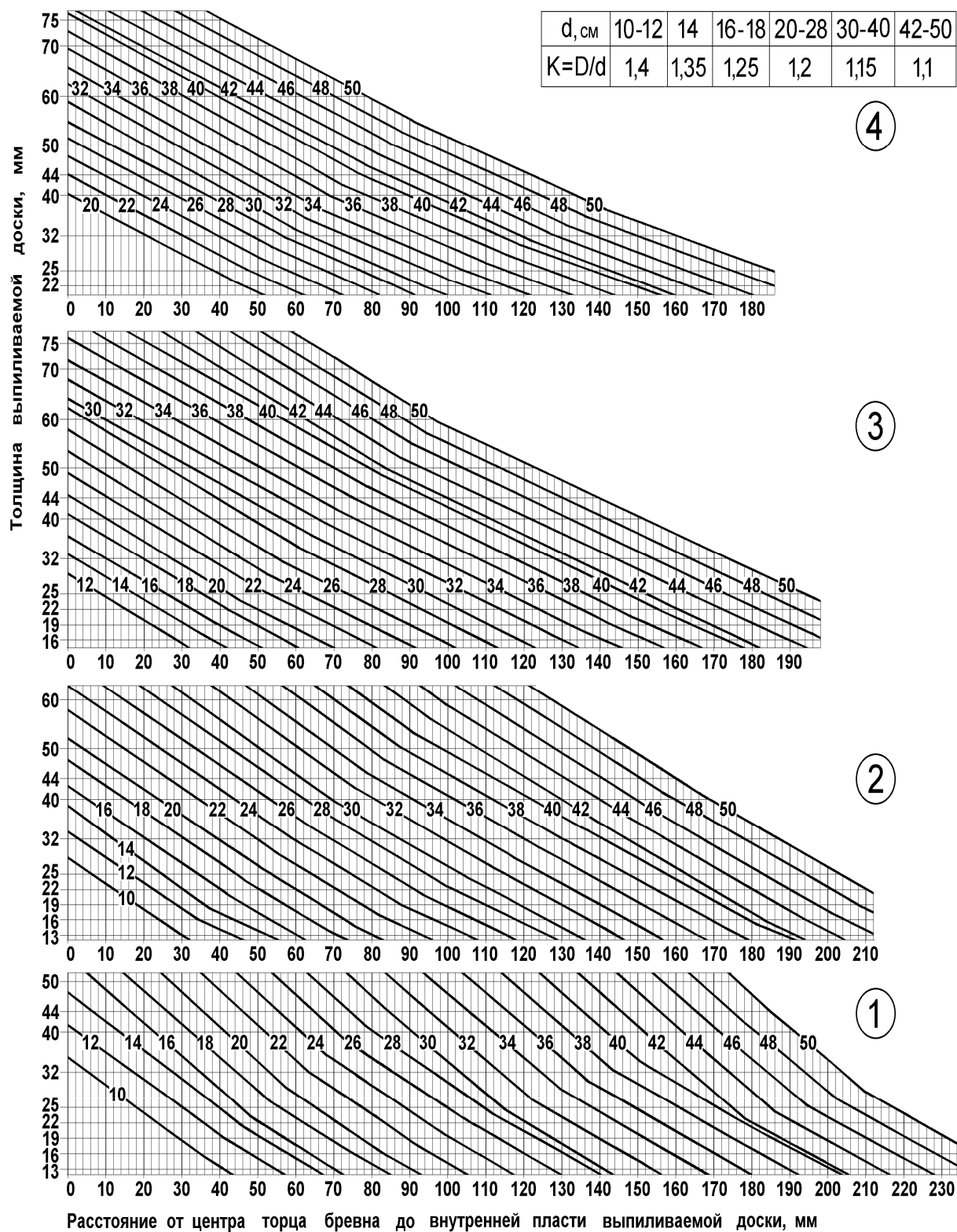


Рис. 1. Графики для составления поставов на распиловку бревен параллельно продольной оси

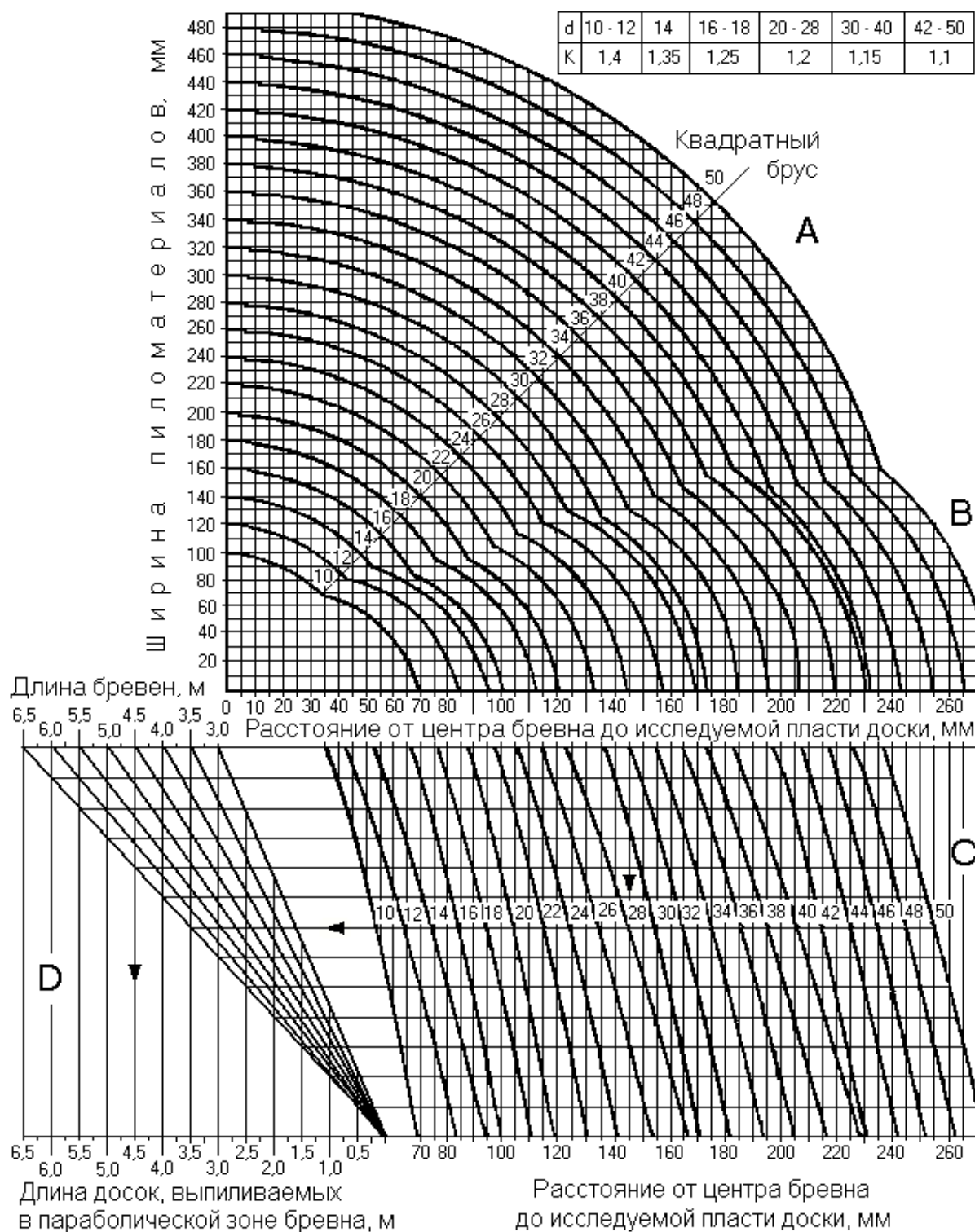


Рис. 2. Номограмма УЛТИ для расчета поставов при распиловке бревен параллельно их продольной оси

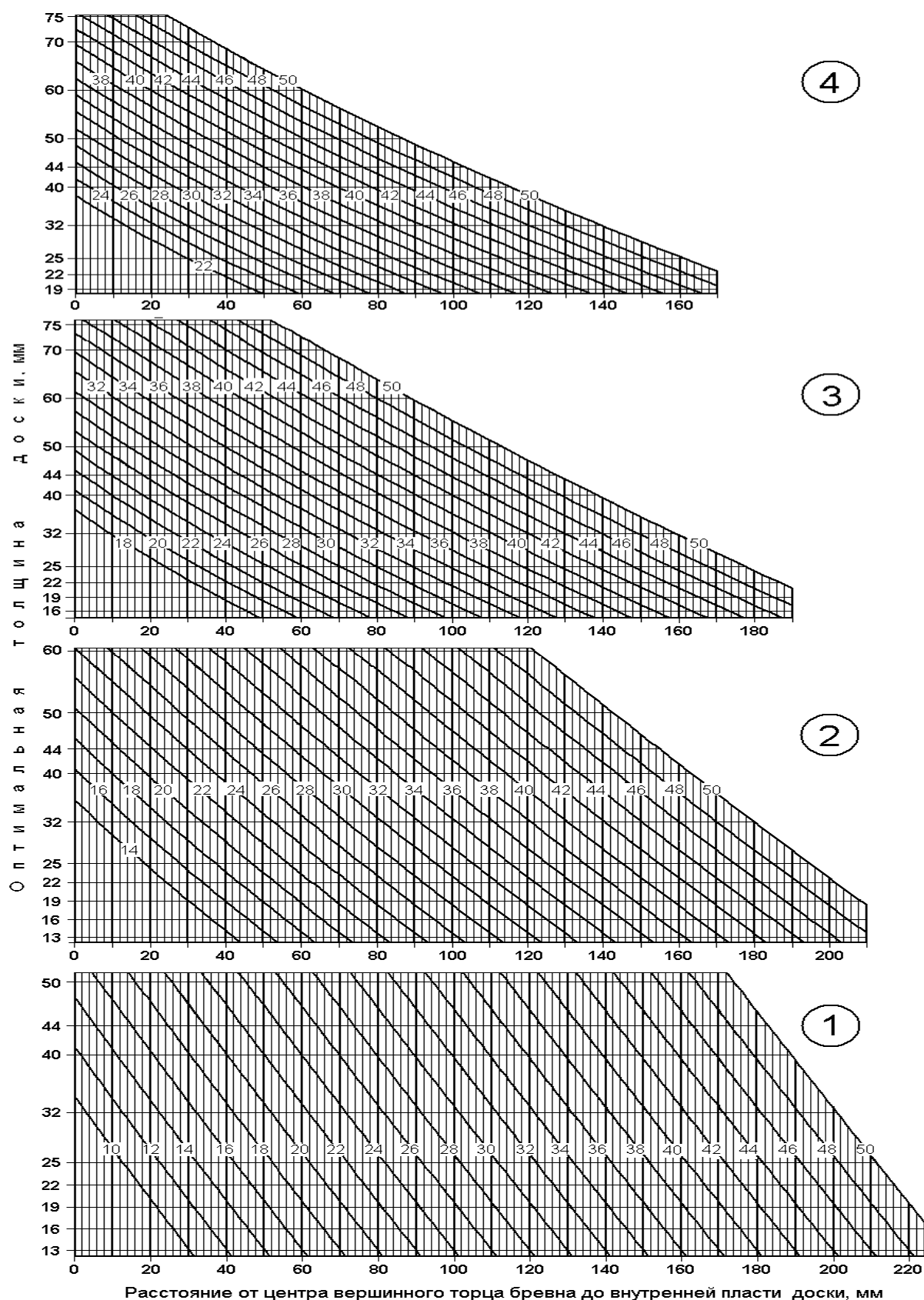


Рис. 3. Графики для составления поставов при распиловке бревен *параллельно образующей*

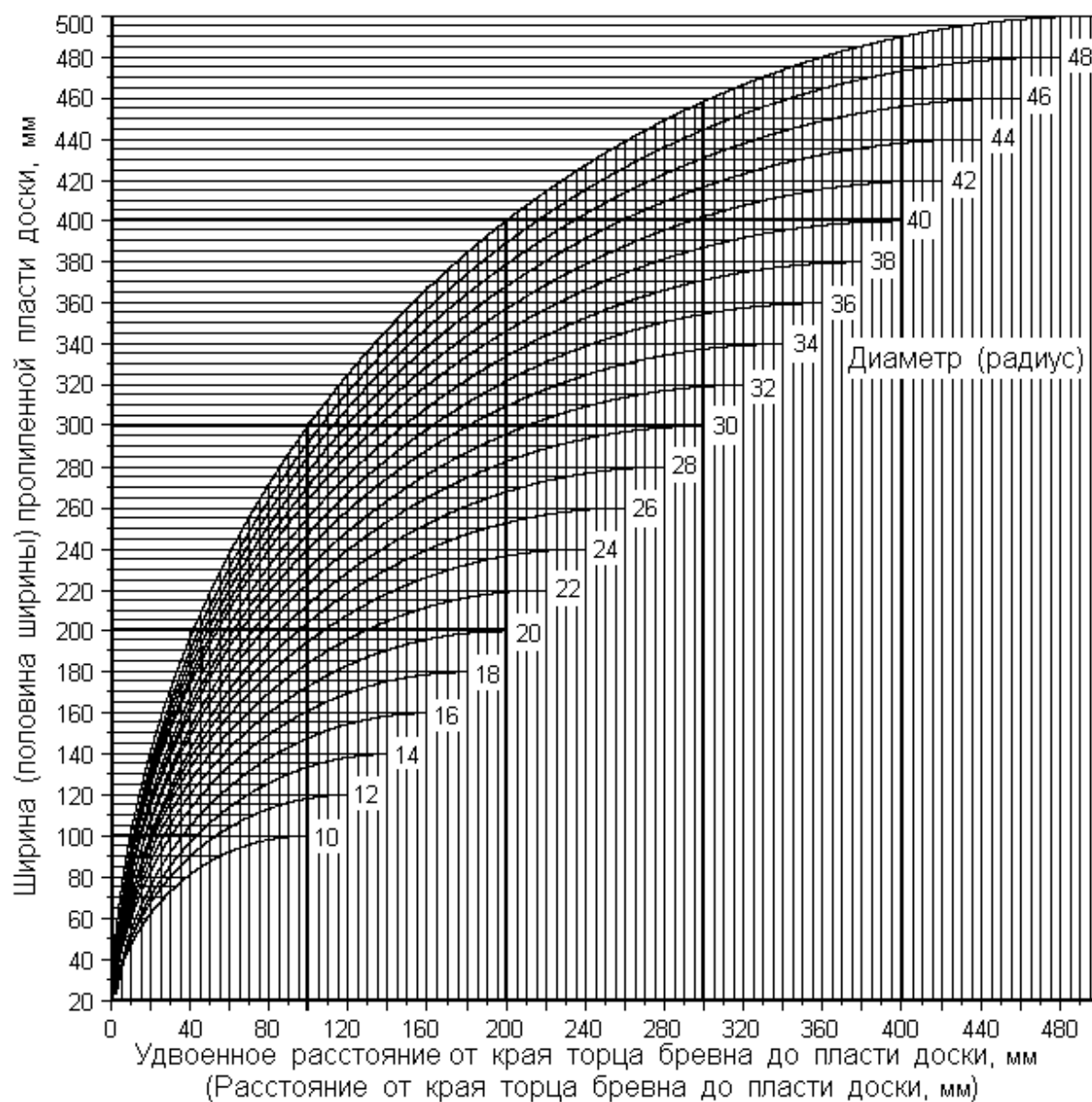


Рис. 4. Графики для определения оптимальных ширин досок при распиловке сегментов бревен *параллельно образующей*

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Разработка технологических схем процесса распиловки бревен вразвал параллельно образующей

Способ раскря пиловочника оказывает значительное влияние на объемный выход пилопродукции, что необходимо учитывать в практике лесопиления при расчете баланса раскря пиловочного сырья, выборе бревнопильного оборудования, а также оборудования для переработки кусковых отходов.

Рациональные схемы раскря сырья повышают общий коэффициент объемного выхода пилопродукции, уменьшают объем кусковых отходов. Это способствует повышению коэффициента использования древесины и бережному использованию лесных ресурсов государства [2, 5, 6, 10].

Опираясь на анализ результатов, проведенных выше расчетно-исследовательских работ (№ 1 и № 2), можно сформулировать основные требования к оборудованию, устройствам и приспособлениям, позволяющим обоснованно вести разработку (проектирование) технологического процесса и для реализации способа распиловки бревен параллельно образующей (т.е. по сбегу).

Целью настоящей работы является выявление возможных схем технологических потоков, позволяющих вести распиловку бревен параллельно их боковой образующей на бревнопильных станках различного типа.

Порядок выполнения работы

ПРЕЗЕНТАЦИЯ. Дать эскизы и описание технологического процесса распиловки бревен параллельно продольной оси бревна на необрезные и обрезные пиломатериалы с указанием следующего бревнопильного оборудования:

- лесопильных рам;
- ленточнопильных станков;
- круглопильных станков (однопильных и многопильных);
- фрезерно-брусующих и фрезернопильных станков.

Указать:

- установленное бревнопильное оборудование, его модель и основные технические и технологические характеристики;
- обрезные и торцовочные станки проходного и позиционного типов и их характеристики;
- применяемые транспортные устройства, их назначение, тип, модель, особенности выполняемых операций и основные технические и технологические параметры;

- возможные способы и схемы продольного раскроя бревен;
- способы базирования бревна при распиловке, их последовательность;
- околостаночное оборудование и вспомогательные устройства, их назначение, тип, модель, назначение выполняемых операций.

ОТЧЕТ

Дать эскизы и описание возможных технологических схем распиловки бревен *параллельно их боковой образующей* на необрезные и обрезные пиломатериалы с применением в качестве основных (головных) бревно-пильных станков:

- лесопильных рам;
- ленточнопильных станков;
- круглопильных станков (однопильных и многопильных);
- фрезерно-брусующих и фрезернопильных станков.

Указать технологическую последовательность разработанного процесса, отметив:

- головное бревнопильное оборудование, его модель и основные технические и технологические параметры;
- требования к основным *базирующим* устройствам. Уточнить, возможно ли (с Вашей точки зрения) применение известных типовых конструкций для базирования бревна во время распиловки по сбегу или требуется доработка известных. В случае отсутствия известных устройств сформулируйте технологические и технические требования к доработке известных устройств или технические требования к созданию *новых*;
- применяемое околостаночное и транспортное оборудование и вспомогательные устройства (типовые или нетиповые), их назначение, тип, модель, принцип работы, особенности выполняемых операций и их основные технические и технологические параметры;
- обрезные и торцовочные станки проходного и позиционного типа и их характеристики.

Рассчитать необходимое время работы бревнопильного станка (станко-смен) для распиловки заданного объема *хвойного* пиловочного сырья (см. задание: **таблица**) на бревнопильных потоках с различным головным оборудованием.

По результатам расчетов провести сравнительный анализ и анализ эффективности раскроя пиловочника различными типами бревнопильного оборудования и расставить приоритеты. Сформулировать обобщающий вывод.

Задание к самостоятельной работе

Показатель	Номер варианта по <i>последней цифре</i> в зачетной книжке									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Значение показателя									
Объем сырья, распиливаемого за год $Q_{ср}$, м ³	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
Средний диаметр бревна $d_{ср}$, см	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
Средняя длина бревна $l_{ср}$, м	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	5,5	5,0	4,5	4,0

ТРЕБОВАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТОВ ПО РАБОТЕ

1. Полученные для работы материалы сдают лаборанту.
2. Расчеты, полные ответы на все поставленные вопросы, необходимый анализ и выводы излагают в пояснительной записке последовательно и грамотно.
2. Титульный лист оформляют по форме 1 (приложение).
3. В конце отчета прилагают (составленный в соответствии с ГОСТ) список использованных в работе литературных источников.
4. Сшитую и аккуратно оформленную по требованиям работу на листах А4 предъявляют преподавателю для защиты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анучин, Н.П. Лесная таксация. - М.: Лесн. пром-сть, 1982. - 530 с.
2. Уласовец, В.Г. Сравнительный анализ двух способов распиловки бревен на необрезные пиломатериалы // Деревообраб. пром-сть. - 2005. - № 1. - С. 5 - 7.
3. Уласовец, В.Г. Теоретические основы распиловки бревен параллельно образующей // Тр. факультета МТД. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2005. - С. 4 - 13.
4. Уласовец, В.Г. Влияние способов раскроя пиловочника на размеры и объем необрезных пиломатериалов // Тр. факультета МТД. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2005. - С. 14 - 31.
5. Уласовец, В.Г. Распиловка бревен параллельно образующей: моногр. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. - 147 с.
6. Уласовец, В.Г. Технологические основы производства пиломатериалов: учеб. пособие. - 2-е изд., испр. и перераб. - СПб.: Лань, 2018. - 580 с.
7. Уласовец, В.Г. Номограмма для определения оптимальных размеров досок при расчете поставов // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: матер. 4-го Междунар. евразийского симпоз. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. - С. 187-193.
8. Уласовец, В.Г. Расчет оптимальных размеров пиломатериалов, получаемых при раскрое бревен параллельно образующей // Деревообраб. пром-сть. - 2005. - № 3. - С. 7-10.
9. Уласовец, В.Г. Составление оптимальных и рациональных поставов при распиловке бревен параллельно образующей // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: матер. 6 -го Междунар. евразийского симпоз. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. - С. 190-197.
10. Особенности продольного базирования бревна перед распиловкой / В.В. Вараксин, А.Д. Водовозова, Д.В. Дроздов, В.Г. Уласовец // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: матер. 12-го Междунар. евразийского симпоз. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2017. - С. 51-53.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Номинальные размеры толщины и ширины обрезных пиломатериалов **хвойных** пород с параллельными кромками (ГОСТ 24454-80. Пиломатериалы хвойных пород. Размеры)

Толщина, мм	Ш и р и н а, мм								
16	75	100	125	150					
19	75	100	125	150	175				
22	75	100	125	150	175	200	225		
25	75	100	125	150	175	200	225	250	275
32	75	100	125	150	175	200	225	250	275
40	75	100	125	150	175	200	225	250	275
44	75	100	125	150	175	200	225	250	275
50	75	100	125	150	175	200	225	250	275
60	75	100	125	150	175	200	225	250	275
75	75	100	125	150	175	200	225	250	275
100		100	125	150	175	200	225	250	275
125			125	150	175	200	225	250	
150				150	175	200	225	250	
175					175	200	225	250	
200						200	225	250	
250								250	
Примечание. Для пиломатериалов длиной от 1 м и выше принимать градацию по длине 0,25 м.									

ГОСТ 8486-86 «Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия» распространяется на пиломатериалы хвойных пород, определяет **требования к качеству пиломатериалов**, предназначенных для использования в народном хозяйстве и на экспорт, но не распространяется на резонансные и авиационные пиломатериалы.

ГОСТ 24454-80 «Пиломатериалы хвойных пород. Размеры» распространяется на обрезные и необрезные пиломатериалы хвойных пород и **устанавливает требования к размерам пиломатериалов**, используемых для нужд народного хозяйства и экспорта. Стандарт не распространяется на резонансные и авиационные пиломатериалы, а также пиломатериалы хвойных пород черноморской сортировки.

Таблица 2

Величины усушки (по ГОСТ 6782.1-75) пилопродукции смешанной распиловки из древесины ели, сосны, кедра, пихты (кроме лиственницы) для конечной влажности от 5 до 37 %

Номинальная толщина и ширина, мм	Конечная влажность пилопродукции, %							
	5-7	8-10	11-13	14-16	17-19	20-22	23-25	35-37
	Величина усушки пилопродукции, мм							
13	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	0,4	0,1
16	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,1
19	1,1	1,0	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,1
22	1,2	1,2	1,1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,2
25	1,4	1,2	1,1	1,1	0,9	0,8	0,7	0,2
32	1,7	1,6	1,4	1,3	1,1	1,0	0,8	0,2
40	2,1	2,0	1,7	1,6	1,4	1,2	1,0	0,2
44	2,3	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	0,3
50	2,5	2,4	2,2	2,0	1,8	1,5	1,3	0,3
60	3,0	2,8	2,6	2,4	2,1	1,8	1,6	0,4
70	3,4	3,2	3,0	2,8	2,5	2,1	1,8	0,4
75	3,7	3,5	3,3	3,0	2,6	2,3	2,0	0,5
80	3,9	3,7	3,5	3,2	2,8	2,4	2,1	0,5
90	4,4	4,2	3,9	3,6	3,2	2,7	2,3	0,5
100	4,8	4,6	4,2	3,7	3,4	2,8	2,4	0,6
110	5,3	5,0	4,6	4,0	3,5	3,0	2,6	0,7
125	6,0	5,6	5,1	4,7	4,0	3,4	3,0	0,8
140	6,7	6,4	5,8	5,0	4,5	3,8	3,3	0,8
150	7,1	6,7	5,9	5,2	4,6	3,9	3,3	0,8
160	7,6	7,1	6,2	5,3	4,7	4,1	3,5	0,8
170	8,1	7,6	6,7	5,7	5,0	4,4	3,7	0,9
175	8,3	7,8	6,8	5,9	5,1	4,4	3,7	0,9
180	8,5	8,0	7,0	6,1	5,2	4,4	3,8	0,9
190	9,0	8,4	7,3	6,4	5,5	4,7	4,0	0,9
200	9,4	8,9	7,8	6,7	5,8	4,9	4,2	1,0
210	9,9	9,2	8,1	7,1	6,1	5,2	4,4	1,0
220	10,4	9,7	8,5	7,4	6,4	5,4	4,6	1,1
225	10,7	9,9	8,8	7,6	6,6	5,6	4,7	1,1
240	11,3	10,5	9,3	8,1	7,0	5,9	5,0	1,2
250	11,8	10,9	9,7	8,4	7,3	6,2	5,3	1,2
275	12,9	11,7	10,3	8,7	7,7	6,6	5,5	1,4
300	14,1	12,6	10,9	9,3	8,2	7,1	6,0	1,5

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**ФГБОУ ВО
"УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"**

**КАФЕДРА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ
И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

**МЕТОДОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛЕСОПИЛЕНИЯ**

Расчетно-исследовательская работа по теме

.....
(наименование работы)
.....

Работа выполнена обучающимся

.....
(Фамилия И.О.)

Номер зачетной книжки

"....."2018 г.

Работу принял
(Фамилия И.О. преподавателя)

"....."2018 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Практическая работа № 1. Исследование влияния способов раскроя бревен на размерные и объемные показатели выпиливаемых досок	3
Практическая работа № 2. Исследование выхода обрезной пилопродукции при распиловке бревен параллельно продольной оси и параллельно образующей	16
Практическая работа № 3. Разработка технологических схем процесса распиловки бревен вразвал параллельно образующей	25
Требования по оформлению отчетов по работе	27
Библиографический список	28
<i>Приложение</i>	
Таблица 1. Номинальные размеры толщины и ширины пиломатериалов хвойных пород с параллельными кромками (по ГОСТ 24454-80)	29
Таблица 2. Величины усушки (по ГОСТ 6782.1-75) пилопродукции смешанной распиловки из древесины ели, сосны, кедра, пихты (кроме лиственницы) для конечной влажности от 5 до 37 %	30
Форма 1	31